



7/14

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 17 326 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 T 7/12**  
B 60 T 13/52  
B 60 T 8/60  
B 60 Q 1/50  
B 60 Q 9/00

⑳ Aktenzeichen: 198 17 326.1  
㉔ Anmeldetag: 18. 4. 98  
㉕ Offenlegungstag: 21. 10. 99

DE 198 17 326 A 1

㉗ Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

DE 43 02 541 A1  
DE 42 13 148 A1  
DE 41 40 327 A1  
DE 41 01 759 A1  
DE 297 09 110 U1

㉘ Erfinder:  
Eckert, Alfred, 55129 Mainz, DE; Berthold, Thomas,  
64293 Darmstadt, DE; Tielemann, Erwin, Axel, NL

KIESEWETTER, Wolfgang, u.a.: Der neue Brake  
Assist  
von Mercedes-Benz. In: ATZ 99, 1997, 6, S.330-333,  
S.336-339;  
PICKENHAHN, Josef: EAS der Stufe 3. In: ATZ 97,  
1995, 1, S.36, 37;

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

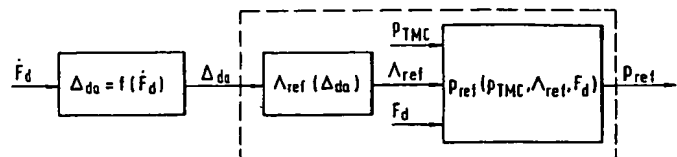
DE 43 38 244 C2  
DE 43 09 850 C2  
DE 42 08 496 C1  
DE 40 28 290 C1  
DE 196 08 616 A1  
DE 196 05 813 A1  
DE 195 11 844 A1  
DE 195 07 433 A1  
DE 44 37 365 A1  
DE 44 07 757 A1  
DE 43 05 186 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verkürzen des  
Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftver-  
stärker aufweist, der während eines Standardbremsvor-  
ganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten  
Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen  
einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung  
derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Stan-  
dardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor ( $\Lambda$ ) am  
Bremskraftverstärker eingestellt wird.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß ein Gefah-  
renpotential ( $\Lambda$ ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit  
angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall  
verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfak-  
tors ( $\Lambda$ ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials ( $\Lambda$ ) ge-  
steuert wird.



FP03-0212
-00BP-TY
04.1.30
SEARCH REPORT

DE 198 17 326 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein Verfahren zum Verkürzen eines Bremsweges ist aus der DE 89 11 963 U1 bekannt, bei dem aufgrund von zwei vorliegenden Signalen eine Vorbremmung für eine Zeitdauer von ca. 0,5 s eingeleitet wird. Das erste Signal wird dabei ausgelöst, indem durch den Fahrzeugführer ein Schalter betätigt wird. Dieser Schalter ist so angeordnet, daß er entweder durch den linken Fuß oder durch eine Hand bedient wird, wobei im Falle der Bedienung durch die Hand der Schalter vorzugsweise so angebracht ist, daß die Hand nicht vom Lenkrad wegbewegt werden muß. Das zweite Signal wird ausgelöst, indem die Geschwindigkeit erfäßt wird, mit der der Fahrer den Fuß vom Gaspedal entfernt. Liegt diese Geschwindigkeit oberhalb eines bestimmten Schwellwertes, so wird die Vorbremmung automatisch eingeleitet.

Bei diesem bekannten Verfahren ist nachteilig, daß der Fahrer einen beim Führen eines Fahrzeuges ungewöhnlichen Bedienungsvorgang ausführen, nämlich mit dem linken Fuß bzw. mit einer Hand einen Schalter bedienen muß.

In der gattungsbildenden DE 40 28 290 C1 wird deshalb ein Verfahren vorgeschlagen, bei welchem automatisch ein größerer als sich aus der Bremspedalstellung ergebender Bremsdruck erzeugt wird, wenn die Betätigungsgeschwindigkeit, mit welcher das Bremspedal betätigt wird, einen vorbestimmten Wert überschreitet. Dies ist das einzige Kriterium zum Auslösen des automatischen Bremsvorganges. Dieses Verfahren ist gegenüber dem aus der DE 89 11 963 U1 bekannten Verfahren vorteilhaft, da der Fahrer bei einem Fahrzeug, das mit einem sogenannten automatischen Bremsvorgang aus lösenden Bremsassistenten ausgerüstet ist, seine Verhaltensweise nicht speziell darauf einstellen muß, sondern die einzelnen Bedienelemente, insbesondere das Bremspedal, in der üblichen Art und Weise bedienen kann. Dennoch wird eine Paniksituation erkannt und ein entsprechend stärker verzögernder Bremsvorgang ausgeführt.

Dieses Verfahren hat sich in Paniksituationen bewährt, da der Bremsweg verkürzt und ein Unfall vermieden werden kann.

Bei diesem Verfahren wird zur maximalen Verkürzung des Bremsweges nach Auslösung des automatischen Bremsvorganges ein maximaler Bremsdruck mittels des Bremskraftverstärkers erzeugt.

Der automatische Bremsvorgang wird beendet, wenn sich der am Bremspedal anliegende Bremspedaldruck verringert. Da jedoch der Bremskraftverstärker automatisch betätigt wird, kann sich der Bremspedaldruck selbsttätig verringern, da der Pedalwiderstand abnimmt. Hierdurch kann eine unbeabsichtigte Deaktivierung des automatischen Bremsvorganges verursacht werden. Der automatische Bremsvorgang kann deshalb beendet werden, ohne daß dies vom Fahrer des Fahrzeuges gewollt oder beabsichtigt ist.

Andererseits kann der automatische Bremsvorgang von einem auf eine sich ändernde Fahrsituation schnell reagieren. Den Fahrer unbeabsichtigt ausgelöst werden, wodurch eine maximale Verzögerung des Fahrzeuges erfolgt, ohne daß dies notwendig und gewünscht ist. Eine derart überraschende, unbeabsichtigt starke Bremsung kann in bestimmten Fahrsituationen, insbesondere bei dichtem Kolonnenverkehr, zu einer Störung des Verkehrsflusses führen, oder sogar einen Verkehrsunfall mit einem nachfolgendem Fahrzeug verursachen.

Dieses bekannte Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges ist zwar vom Fahrer eines entsprechenden Fahrzeuges einfach in gewohnter Weise zu bedienen, kann jedoch in bestimmten Situationen zu einer unbeabsichtigten zu geringen oder zu starken Verzögerung des Fahrzeuges führen. Der Fahrer besitzt somit nicht immer die vollständige Kontrolle über sein Fahrzeug.

Für derartige Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges geeignete Bremskraftverstärker, die sowohl mechanisch mittels einer Betätigungsstange als auch elektrisch mittels eines Elektromagneten angesteuert werden können, sind aus der DE 43 24 205 A1 und der DE 1 95 48 705 A1 bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Verkürzen eines Bremsweges zu schaffen, für das sich ein Fahrer eines Fahrzeuges in seinen Verhaltensweisen nicht umstellen muß, dennoch in allen Fahrsituationen eine geeignete Verzögerung des Fahrzeuges ausführt und dem Fahrer eine sichere Kontrolle über sein Fahrzeug auch während eines stärker verzögern den Bremsvorganges ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Gefahrenpotential ermittelt, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird. Nach Maßgabe des Gefahrenpotentials wird in einer Gefahrensituation der Verstärkungsfaktor des Bremskraftverstärkers erhöht.

Das erfindungsgemäße Verfahren unterscheidet sich somit von dem aus der DE 40 28 290 C1 bekannten Verfahren im wesentlichen dadurch, daß bei einem automatischen Bremsvorgang nicht eine maximale Verzögerung erfolgen muß, sondern die Verzögerung unterschiedliche Werte annehmen kann, die bei geringerem Gefahrenpotential kleiner als bei größerem Gefahrenpotential sind. Hierdurch wird ein an die Fahrsituation angepaßter Bremsvorgang eingeleitet, der vom Fahrer wesentlich besser kontrollierbar ist, als eine schlagartig einsetzende maximale Verzögerung.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung bezeichnen eine ein erfindungsgemäßes Verfahren steuernde Vorrichtung als sogenannten "analogen Bremsassistenten". Hierdurch soll zum Ausdruck gebracht werden, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in der Regel mit stufenlos variablen Verzögerungswerten gebremst wird, wohingegen das aus der DE 40 28 290 C1 bekannte Verfahren lediglich "digital" zwischen einer mechanisch gesteuerten Bremsung und einer automatischen Vollbremsung umschaltet.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der bei liegenden Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen: Fig. 1 die Funktion zur Berechnung eines Fahrer Gefahrenpotentials  $\Delta_{fs}$ .

Fig. 2 zwei aufeinanderfolgende Fahrzeuge zur Veranschaulichung der jeweiligen physikalischen Größen.

Fig. 3 bis 6 jeweils Funktionen zur Berechnung des Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Delta_{fs}$ .

Fig. 7 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockschaltbild.

Fig. 8 eine den Zusammenhang zwischen dem Verstärkungsfaktor  $\Lambda$  und dem Gefahrenpotential  $\Lambda$  zeigende Funktion.

Fig. 9 eine Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockschaltbild.

Fig. 10 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockschaltbild, und  
 Fig. 11 eine Abwandlung des zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockschaltbild.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges steuert einen Bremskraftverstärker an, wie er zum Beispiel aus der DE 1 95 48 705 A1 bekannt ist. Dieser Bremskraftverstärker kann unmittelbar mechanisch an einer Betätigungsstange betätigt werden, wobei auf die Betätigungsstange der auf das Bremspedal ausgeübte Bremspedaldruck  $F_{ped}$  übertragen wird. Zusätzlich kann dieser Bremskraftverstärker auch elektrisch mittels eines Elektromagneten betätigt werden, um zum Beispiel in Gefahrensituationen den auf die einzelnen Bremselementen ausgeübten Bremsdruck zu erhöhen.

Zur elektrischen Ansteuerung des Bremskraftverstärkers ist eine elektrische Steuereinrichtung vorgesehen, die mit diversen Sensoren verbunden ist, um das erfindungsgemäße Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges auszuführen.

Das Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges arbeitet im normalen Fahrzustand in an sich bekannter Weise, wobei der Bremskraftverstärker lediglich mechanisch durch Betätigen der Betätigungsstange mittels des Bremspedals angesteuert wird. In kritischen Fahrsituationen wird der Bremskraftverstärker derart angesteuert, daß gegenüber einem bei einer rein mechanischen Betätigung des Bremskraftverstärkers vorliegendem Verstärkungsfaktor  $A_0$  ein erhöhter Verstärkungsfaktor  $A$  am Bremskraftverstärker durch eine elektrische Betätigung des Bremskraftverstärkers eingestellt wird. Hierzu wird erfindungsgemäß ein Gefahrenpotential  $\Delta$  ermittelt, das der Unfallgefahr entspricht, in welcher sich das zu bremsende Fahrzeug befindet.

Eine solche Unfallgefahr ist keine physikalische Größe und kann deshalb nicht direkt gemessen werden. Das Gefahrenpotential  $\Delta$  ist vielmehr eine Wahrscheinlichkeit im mathematischen Sinne und nimmt deshalb Werte zwischen 0 (keine Unfallgefahr) und 1 (akute Unfallgefahr, Notsituation) an. Selbstverständlich kann das Gefahrenpotential  $\Delta$  auch in einen anderen Zahlenbereich, zum Beispiel von 0 bis 100, skaliert werden. Für die nachfolgende Beschreibung wird von einem Zahlenbereich von 0 bis 1 für das Gefahrenpotential  $\Delta$  ausgegangen. Wesentlich für die Erfindung ist, daß das Gefahrenpotential mehrere Werte annehmen kann und nicht lediglich zwischen zwei Zuständen unterscheidet, wie z. B. dem Vorliegen einer Unfallgefahr und dem nicht-Vorliegen einer Unfallgefahr.

Das Gefahrenpotential wird aus verfügbaren physikalischen Größen, die im wesentlichen auf der Betätigung des Bremssignals durch den Fahrer und der aktuellen Fahrsituation, in dem sich das zu bremsende Fahrzeug befindet, beruhen und statistischen Erfahrungswerten, wie z. B. der mittleren Reaktionszeit, abgeschätzt.

Es wird zwischen dem Fahrer Gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  - beruht auf den beim Betätigen der Bremse ermittelten Daten - und dem Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Delta_{fs}$  - beruht auf den aus der Fahrsituation ermittelten Daten - unterschieden.

Ein Fahrer, der eine Gefahrensituation erkennt, betätigt die einzelnen Bedienelemente des Fahrzeuges zur Vermeidung eines Unfalles in einer charakteristischen Art und Weise. So wird er sehr schnell den rechten Fuß vom Gaspedal nehmen und das Bremspedal betätigen. Ferner sind schnelle, normalerweise nicht auftretende Lenkbewegungen möglich. Zur Ermittlung des Fahrer Gefahrenpotentials  $\Delta_{da}$  können somit folgende physikalische Größen herangezogen werden:

- die Geschwindigkeit, mit welcher der Fuß vom Gaspedal entfernt wird,
- die Pedalwechselzeit, die der Fahrer zum Wechseln vom Gaspedal zum Bremspedal benötigt,
- der Bremspedalweg,
- die Bremspedalgeschwindigkeit,
- die Bremspedalkraft  $F_{ped}$ ,
- die Bremspedalkraftänderung  $\dot{F}_{ped}$ , und/oder
- die Lenkwinkeländerung.

Auf Grundlage dieser meßbaren Parameter kann das Gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  abgeschätzt werden, wobei die Abschätzung auf einem einzigen der Parameter oder einer Kombination von mehreren Parametern beruhen kann. Die oben angegebenen Parameter sind keine abschließende Aufzählung, vielmehr können auch ähnliche, erfaßbare Parameter, wie zum Beispiel die an der Betätigungsstange des Bremskraftverstärkers anliegende Kraft, die proportional zur Bremspedalkraft  $F_{ped}$  ist, oder der Weg  $s_{mem}$  einer im Bremskraftverstärker angeordneten Membran und deren zeitliche Ableitungen, die dem Weg des Gaspedals bzw. dessen Änderung entsprechen, und dergleichen zur Ermittlung des Gefahrenpotentials herangezogen werden.

Bei Verwendung des Bremspedalweges oder einer dazu korrespondierenden Größe zur Ermittlung des Gefahrenpotentials ist zu berücksichtigen, daß bei Einsetzen der elektrischen Steuerung des Bremskraftverstärkers die Betätigungsstange des Bremskraftverstärkers und damit das Pedal automatisch betätigt werden, wodurch der Bremspedalweg alleine nicht mehr für eine objektiv gültige Abschätzung dienen kann. Ferner hat sich gezeigt, daß das Bremspedal oft mit großer Geschwindigkeit, aber nur für eine kurze Zeit und mit geringer Kraft betätigt wird. In einem solchen Fall ist die hohe Pedalgeschwindigkeit kein gültiger Indikator für ein Gefahrenpotential. Bei Verwendung der Pedalgeschwindigkeit als Indikator für das Gefahrenpotential wird diese vorzugsweise mit einem anderen Parameter, wie zum Beispiel der Bremspedalkraft oder dem Bremspedalweg, kombiniert. Da der Bremspedalweg nicht kostengünstig gemessen werden kann, ist es daher zweckmäßig, die zum Bremspedalweg korrespondierende Verschiebung einer Membran  $s_{mem}$  im Bremskraftverstärker als Indikator für das Gefahrenpotential zu verwenden. Folglich kann als eine einfach meßbare und das Gefahrenpotential realistisch abschätzende Meßgröße die Leistung  $P = F_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$  verwendet werden.

Andere Parameter zur Bestimmung des Fahrer Gefahrenpotentials  $\Delta_{da}$  können zum Beispiel  $s_{mem} \cdot \dot{s}_{mem}$ ,  $\dot{F}_{ped} \cdot s_{mem}$ ,  $\dot{F}_{ped} \cdot F_{ped}$  oder  $\dot{F}_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$  sein. Zusätzlich oder alternativ können auch der Lenkwinkel und der Gaspedalweg und ihre Ableitungen in der Zeit verwendet werden.

Es ist auch möglich, eine Kombination von Parametern zu verwenden, mit

$$\Delta_{da} = \sum_{i=1}^n |Parameter_i| \cdot g_i$$

wobei  $g_i$  einen Gewichtungsfaktor für den jeweiligen Parameter  $i$  darstellt.

Ferner kann eine Fehleridentifikation durch einen Vergleich der Pedalkraft mit dem Pedalweg oder Membranweg oder dem im Bremskraftverstärker aufgebauten Druck oder durch Vergleichen des Membranweges mit dem im Bremskraftverstärker aufgebauten Druck erfolgen. Für das erfindungsgemäße Verfahren wird deshalb eine Sensorkonfiguration mit einem Drucksensor und einem Kraftsensor bevorzugt, denn hierdurch wird auf kostengünstige Weise eine Lösung mit Fehleridentifikation geschaffen.

Anstelle der vom Fahrer ausgeführten Betätigungsvorgänge können grundsätzlich auch die physischen Zustände des Fahrers selbst, wie zum Beispiel sein Herzrhythmus, Augenbewegungen und dergleichen zur Ermittlung einer Gefahrensituation verwendet werden. Falls diese Parameter mit berührungslos arbeitenden Sensoren erfassbar sind, können sie eine praktische Bedeutung erlangen.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel zur Ermittlung des Fahrergefährdenpotentials  $\Delta_{da}$  beschrieben, wobei das Fahrergefährdenpotential  $\Delta_{da}$  aus der Bremspedalkraftänderung  $\dot{F}_{ped}$  ermittelt wird. Es hat sich nämlich gezeigt, daß in normalen Fahrsituationen Bremspedalkraftänderungen bis zu 200 N/s vom Fahrer ausgeübt werden, wohingegen in Gefahrensituationen die Bremspedalkraftänderungen Werte bis zu 1500 N/s oder mehr annehmen können. Diese Werte hängen stark vom Fahrer ab, wobei einige Fahrer in Gefahrensituationen Bremspedalkraftänderungen bis zu 8000 N/s ausüben können. Da es wahrscheinlicher ist, daß Leute mit geringerer Bremspedalkraftänderung nicht ausreichend stark bremsen, ist es zweckmäßig, das Fahrergefährdenpotential  $\Delta_{da}$  für eine Bremspedalkraftänderung von 1500 N/s gleich 1 zu setzen ( $\Delta_{da}=1$ ). Für eine negative Bremspedalkraftänderung wird das Fahrergefährdenpotential  $\Delta_{da}$  gleich 0 gesetzt. Zwischen den Werten 0 bis 1500 N/s nimmt das Fahrergefährdenpotential  $\Delta_{da}$  von 0 bis 1 zu. Für diesen Übergang wird vorzugsweise eine Cosinus-Funktion gewählt, da sie stetige Übergänge im Bereich einer Bremspedalkraftänderung  $\dot{F}_{ped}$  = 0 N/s und bei  $\dot{F}_{ped}$  = 1500 N/s aufweist. Für  $\Delta_{da}$  gilt somit:

$$\Delta_{da} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( \max \left( \frac{\dot{F}_{ped}}{1500}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

Der Verlauf dieser Funktion ist in Fig. 1 gezeigt.

Das Fahrsituationsgefährdenpotential  $\Delta_{ds}$  wird hingegen aus einigen die Fahrsituation beschreibenden Parametern abgeschätzt, wie zum Beispiel der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_0$  des zu bremsenden Fahrzeuges, der Fahrzeugbeschleunigung  $a_0$ , dem Abstand  $d_0$  zu einem voraus fahrenden Fahrzeug, der Relativgeschwindigkeit  $d_0$  bezüglich des voraus fahrenden Fahrzeuges und der Relativbeschleunigung  $d_0$  bezüglich des voraus fahrenden Fahrzeuges (siehe Fig. 2). Diese Aufzählung der Parameter ist nicht abschließend, sondern es können noch weitere Parameter berücksichtigt werden, wie zum Beispiel eine Radschlupfinformation, die von einem intelligenten Bremssystem ermittelt werden kann.

Aus dem Abstand  $d_0$  und seiner zeitlichen Ableitungen kann ein theoretischer Kollisionszeitpunkt  $t_c$  bestimmt werden, nachdem die beiden Fahrzeuge bei gleichbleibender Geschwindigkeit und gleichbleibender Beschleunigung kollidieren würden. Für  $d_0 < 0$  und  $\dot{d}_0 = 0$  gilt:

$$t_c = -\frac{d_0}{\dot{d}_0}$$

Falls  $d_0 \neq 0$  ist, gilt:

$$t_c = -\frac{-\dot{d}_0 - \sqrt{\dot{d}_0^2 - 2d_0\ddot{d}_0}}{\ddot{d}_0}$$

Falls  $t_c$  negativ oder komplex sein sollte, tritt keine Kollision auf und  $t_c$  wird unendlich gesetzt.

Falls jedoch bei gleichbleibender Geschwindigkeit und gleichbleibender Beschleunigung eine Kollision auftreten würde, muß das Fahrzeug verzögert werden. Hierbei ist die Reaktionszeit  $t_R$  zu berücksichtigen. Die Reaktionszeit  $t_R$  ist statistisch genau erfaßt worden und beträgt im Mittel 1,34 s, wobei sie sich aus folgenden Komponenten zusammensetzt

- Erkennen der Gefahrensituation bzw. des Objektes (0,48 s),
- Reaktionsgrundzeit, während der neuronale Vorgänge entsprechende Körperreaktionen auslösen (0,45 s),
- Bewegungszeitintervall zum Bewegen des Fußes vom Gas- zum Bremspedal (0,19 s),
- der Aufbau des Bremsdruckes vom Zeitpunkt der Berührung des Bremspedals (0,05 s),
- und Fortpflanzung des Bremsdruckes zu den einzelnen Bremsselementen (0,17 s).

Falls  $t_c < t_R$  gilt, kann ein Unfall nicht mehr verhindert werden. Falls  $t_c \geq t_R$  gilt, wird eine Beschleunigung  $a_{ev}$  für das zu bremsende Fahrzeug berechnet, die die maximal mögliche Beschleunigung (oder minimal notwendige Verzögerung) bei Vermeidung eines Unfalles angibt. Diese maximal mögliche Beschleunigung  $a_{ev}$  kann mit folgender Formel berech-

net werden:

$$a_{cva} = -\frac{1}{2} \frac{(v_0 + a_{cv0} t_R)^2}{d_0 - v_0 t_R - \frac{1}{2} a_{cv0} t_R^2 - \frac{1}{2} \frac{(v_0 + \dot{d}_0)^2}{a_{cv0} + \ddot{d}_0}} \quad 5$$

Die berechnete Beschleunigung ist die maximal erlaubte Beschleunigung nach der Reaktionszeit  $t_R$ . Jedoch kann der Fahrer bereits mit der tatsächlichen Beschleunigung  $a_{cvo}$  bremsen, so daß keine weitere Verzögerung notwendig ist. Würde man dann das Gefahrenpotential alleine auf Grundlage der maximal erlaubten Beschleunigung ermitteln, könnte dies zu einer unnötigen zusätzlichen Verzögerung führen. Daher ist es zweckmäßig, die Differenz  $a_{cve}$  zwischen der maximal erlaubten Beschleunigung  $a_{cva}$  und der tatsächlichen Beschleunigung  $a_{cvo}$  als Grundlage zur Ermittlung des Gefahrenpotentials  $\Delta$  zu verwenden ( $a_{cve} = a_{cva} - a_{cvo}$ ). Dies ist die zusätzliche Verzögerung, die der Fahrer nach Ablauf der Reaktionszeit  $t_R$  erzielen muß. Da eine größere Verzögerung als 0,9 g in der Regel nicht erzielt werden kann, wird  $\Delta = 1$  für  $a_{cve} = 0,9$  g gesetzt. 10 15

Für  $a_{cve} \geq 0$  ist die Gefahr eines Unfalles gering, so daß  $\Delta = 0$  für  $a_{cve} \geq 0$  gesetzt werden kann. Dies bedeutet, daß bei einer Beschleunigung des Fahrzeuges von zum Beispiel 0,2 g,  $\Delta$  gleich 1 sein würde, wenn die notwendige Verzögerung 0,7 g ist, da dann  $a_{cve} = 0,9$  g betragen würde. 20

Verzögerungen zwischen 0 bis 0,3 g sind im täglichen Verkehr üblich und können leicht erzielt werden. In diesem Bereich sollte das Gefahrenpotential  $\Delta$  nicht stark von 0 abweichen. Verzögerungen im Bereich von 0,6 g bis 0,9 g sind seltener. Deshalb sollte das Gefahrenpotential  $\Delta$  in diesem Bereich etwa 1 betragen. Im Bereich zwischen 0,3 g und 0,6 g sollte  $\Delta$  von 0 bis 1 ansteigen. Eine Funktion, die diesen Anforderungen genügt, ist in Fig. 3 gezeigt und durch folgende Formel gegeben: 25

$$\Delta_{acve}(a_{cve}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( -\min \left( \frac{a_{cve}}{0,9 \cdot g}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\} \quad 30$$

Für zum Beispiel  $a_{cva} = 0,9$  g und  $a_{cvo} = -0,7$  g gibt  $\Delta_{acve}$  ein geringes Gefahrenpotential an. Da jedoch eine Verzögerung von 0,9 g eine sehr große Verzögerung ist, die nahe an den physikalischen Grenzen der Reibungskraft zwischen Rädern und Straße liegt, besteht eine erhebliche Unfallgefahr. Jede kleine Änderung im Straßenzustand oder der Bewegung des Fahrzeuges kann eine Verzögerung erfordern, die größer als die physikalische mögliche Verzögerung ist. Deswegen sollte das Fahrzeug schnell in einen Fahrzustand überführt werden, in dem eine geringere Verzögerung notwendig ist. Daher ist es zweckmäßig, daß das Gefahrenpotential  $\Delta$  auch direkt von  $a_{cva}$  abhängt. Ein Gefahrenpotential  $\Delta_{acva}$  (Fig. 4) wird z. B. gleich 1 für den Bereich einer maximal möglichen Verzögerung  $a_m$  und gleich 0 für eine Verzögerung  $a_0$  gesetzt, die 0,2 g kleiner als  $a_m$  ist. 35 40

$$\Delta_{acva}(a_{cva}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( \left( \frac{a_{cva} - a_0}{a_0 - a_m} \right), 0 \right), 1 \right) \right\} \quad 45$$

Das gesamte Gefahrenpotential  $\Delta$  sollte zumindest so groß wie das Maximum von  $\Delta_{acva}$  und  $\Delta_{acve}$  sein. Falls  $\Delta_{acva}$  und  $\Delta_{acve}$  größer als 0 sind, ist die tatsächliche Gefahr größer als dies die einzelnen Werte zum Ausdruck bringen, denn sie beruhen auf zwei unterschiedlichen Gefahrenquellen, da  $\Delta_{acva}$  einen begrenzte Haftung zwischen Straße und Rad für die erforderliche Beschleunigung anzeigt, wohingegen  $\Delta_{acve}$  angibt, daß die notwendige Verzögerung nicht erreicht werden kann. Daher wird als Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Delta_{ds}$  vorzugsweise die Summe aus  $\Delta_{acve}$  und  $\Delta_{acva}$  verwendet, falls  $a_{cve}$  kleiner als 0 ist: 50

$$\Delta_{ds} = (a_{cve}, a_{cva}) = \min(1, \Delta_{acve} + \Delta_{acva}).$$

Zur Vermeidung einer ruckartigen Bremsmomentenänderung und um die Übergänge bei  $a_{acve}$  gleich 0 für  $a_{cva}$  kleiner  $a_0$  abzurunden, wird  $\Delta_{ds}$  für  $a_{acve} < 0$  und  $a_{acva} < a_0$  wie folgt definiert: 55 mit

60

65

$$\Delta_{ds}(a_{cve}, a_{cva}) = \Delta_c \cdot \Delta_a$$

$$\Delta_c = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( - \min \left( \frac{a_{cve} - (a_0 - a_m)}{a_0 - a_m}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

und

$$\Delta_a = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( - \min \left( \frac{a_{cva} - a_1}{a_1 - a_m}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

$$a_1 = a_m + \sqrt{(a_0 - a_m)^2 - a_{cve}^2}$$

$\Delta_{ds}$  ist somit eine Funktion von  $a_{cve}$  und  $a_{cva}$  (Fig. 6), die beide im Bereich von -1 g bis 0,5 g liegen.

Mit dem derart erhaltenen Gefahrenpotentialen  $\Delta_{ds}$  bzw.  $\Delta_{da}$  kann die Verzögerung während eines Bremsvorganges an die tatsächlichen Gefahrenverhältnisse angepaßt werden. Das Bremsverhalten der Bremse sollte jedoch so eingestellt sein, daß es immer von dem Fahrer vorhersehbar ist und er jederzeit das Gefühl der vollständigen Kontrolle über seine Bremse besitzt. Daher sollte eine Erhöhung des Bremsdruckes nur erfolgen, wenn das Bremspedal betätigt wird. Bei stillstehendem Bremspedal soll der Bremsdruck deshalb nicht selbständig erhöht werden, selbst wenn das Gefahrenpotential  $\Delta$  gleich 1 sein sollte.

Nachfolgend wird anhand von dem in Fig. 7 gezeigten Blockschaltbild und dem in Fig. 8 gezeigten Funktionsverlauf ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen statischen Bremsadaption erläutert, die die vorgenannten Zielvorgaben erfüllt.

Zunächst wird ein Fahrer Gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  in der oben beschriebenen Weise aus der Pedalkraftänderung  $F_{da}$  berechnet. Aus dem Fahrer Gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  wird ein Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  berechnet. Ist das Gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  kleiner als ein Schwellwert, von z. B. 0,25, so ist der Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  kleiner als der Standardverstärkungsfaktor  $\Lambda_0$  des Bremskraftverstärkers bei mechanischer Betätigung seiner Betätigungsstange. In diesem Bereich unterhalb des Schwellwertes wird der Bremsvorgang alleine durch die mechanische Betätigung der Betätigungsstange ausgeführt.

Wenn das Gefahrenpotential den Schwellwert überschreitet, setzt bei Betätigung der Bremse die automatische Bremsadaption ein, wobei mit zunehmendem Gefahrenpotential  $\Delta$  der Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  proportional zum Gefahrenpotential  $\Delta$  erhöht wird. Es ist zweckmäßig, wenn der adaptierte Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  im Bereich des Schwellwertes  $\Lambda_{SCH}$  dem Standardverstärkungsfaktor  $\Lambda_0$  entspricht, so daß bei geringem Gefahrenpotential keine zu starke, sondern eine der jeweiligen Gefahrensituation angepaßte automatische Veränderung des Verstärkungsfaktors  $\Lambda$  erfolgt, die ein vom Fahrer gut kontrollierbares Bremsverhalten erzeugt.

Wie in Fig. 7 gezeigt, wird aus dem Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$ , der Pedalkraft  $F_{ped}$  und dem im Bremskraftverstärker vorliegendem Druck  $P_{TMC}$  ein Sollruck  $P_{ref}$  ermittelt, auf den der Druck des Bremskraftverstärkers  $P_{TMC}$  eingestellt wird. Mit der Berücksichtigung der Pedalstellung bzw. der korrespondierenden Pedalkraft  $F_{ped}$  wird sichergestellt, daß der Druck im Bremskraftverstärker nur erhöht wird, wenn ein entsprechendes Betätigungssignal am Bremspedal erzeugt wird.

Da während eines Bremsvorganges sich die Bremseigenschaften nicht verändern, zumindest nicht vermindern sollten, wird in einer bevorzugten Ausführungsform ein einmal eingenommener Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  solange nicht vermindert, bis die Betätigung der Bremse beendet wird, d. h., der Fuß vom Bremspedal genommen wird.

Fig. 9 zeigt ein weiteres Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels, das eine statische Bremsadaption ausführt. Hierbei wird das Gefahrenpotential  $\Delta$  gemäß dem oben beschriebenen Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Delta_{ds}$  ermittelt. Ist das Gefahrenpotential größer als ein vorbestimmter Vordruckschwellwert, von z. B. 0,4, und die maximal erlaubte Beschleunigung  $a_{cva}$  kleiner als 0, so wird eine Vordruckfunktion aktiviert, die den Sollruck  $P_{ref}$  auf einen bestimmten Vordruck  $P_{preload}$  einstellt, der so groß bemessen ist, daß sich in den Bremsleitungen ein Bremsdruck aufbaut, der gerade nicht zur Betätigung der Bremsen genügt. Hierdurch muß bei einer späteren, zu erwartenden Betätigung der Bremse der Druck in den Bremsleitungen nicht mehr aufgebaut werden, wodurch die Bremsen in einer solchen Gefahrensituation schneller ansprechen.

Der Sollruck  $P_{ref}$  wird in gleicher Weise wie bei dem oben anhand von Fig. 7 beschriebenen Ausführungsbeispiel ermittelt, wobei bei aktiver Vordruckfunktion der größere der beiden ermittelten Sollrücke  $P_{ref}$  als Sollruck  $P_{ref}$  zur Ansteuerung des Bremskraftverstärkers verwendet wird.

Ist das Gefahrenpotential  $\Delta$  größer als ein vorbestimmter Warnsignalschwellwert, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf 0,5 eingestellt ist, so wird im Fahrgastraum ein Warnsignal ausgegeben, das den Fahrer vor der Gefahrensituation warnt.

Überschreitet das Gefahrenpotential  $\Delta$  einen Verkehrswarnsignalschwellwert, der vorzugsweise größer als der Warnsignalschwellwert ist, und im vorliegenden Ausführungsbeispiel auf 0,7 eingestellt ist, so werden die Bremslichter zur Warnung der nachfolgenden Fahrzeuge eingeschaltet. Zur Unterscheidung gegenüber einer üblichen Bremsung können die Bremslichter blinkend eingeschaltet oder ein anderes Warnsignal ausgegeben werden, so daß dem nachkommenden Verkehr eindeutig die Gefahrensituation mitgeteilt wird und ein entsprechender Sicherheitsabstand eingehalten werden kann.

Die Bestimmung des Gefahrenpotentials kann somit in Kombination mit der Bremsadaption, aber auch unabhängig davon zur Warnung des Fahrers und/oder des Verkehrs verwendet werden, wodurch eine Präventivmaßnahme zur Ver-

meidung von Unfällen geschaffen wird.

Anhand von Fig. 10 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer dynamischen Bremsadaption erläutert.

Die Ermittlung des Gefahrenpotentials  $\Delta_{ds}$  erfolgt in der oben angegebenen Art und Weise. Aus dem Gefahrenpotential wird jedoch kein Sollwertverstärkungsfaktor  $\Lambda_{ref}$  berechnet, sondern der Solldruck  $P_{ref}$  wird unmittelbar in Abhängigkeit einer Änderung (= 1. zeitl. Ableitung) der Bremspedalstellung, des Bremsdruckes oder dgl. berechnet, so daß mit z. B. zunehmenden Bremspedaldruck der Solldruck  $P_{ref}$  dynamisch zunimmt. Wesentlich ist hierbei, daß zur Bestimmung des Solldruckes  $P_{ref}$  die erste zeitliche Ableitung einer physikalischen Größe verwendet wird, die mit der durch den Fahrer erfolgten Pedalbetätigung im Zusammenhang steht, so daß eine Änderung der Pedalbetätigung eine dynamische Erhöhung oder Verminderung des Bremsdruckes bewirkt.

In Fig. 11 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer dynamischen Bremsadaption gezeigt, das mit den oben beschriebenen zusätzlichen Funktionen zur Abgabe eines Warnsignals bzw. zum Einschalten der Bremslichter versehen ist.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wird das Gefahrenpotential entweder auf Grundlage des Fahrer- gefahrenpotentials  $\Delta_{da}$  oder des Fahrsituationsgefahrenpotentials  $\Lambda$  ermittelt. Selbstverständlich kann das Gefahrenpotential auch auf einer Kombination aus dem Fahrer- gefahrenpotential  $\Delta_{da}$  und dem Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Lambda_{ds}$  berechnet werden.

Der Erfolg der Erfindung beruht im wesentlichen auf der Auswertung aktueller physikalischer Parameter in Kombination mit statistischen Erfahrungswerten, die eine sinnvolle Abschätzung des Gefahrenpotentials erlauben. Die Erfindung kann daher durch Einbeziehung diverser statistischer Ergebnisse, insbesondere einer in einem elektronischen Speicher abgespeicherten Auswertung einer Unfallstatistik abgewandelt werden. Diese Unfallstatistik wird ähnlich wie bei den von Zündvorrichtungen bekannten Kennfeldern in Abhängigkeit von vorbestimmten Parametern, wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Betätigung des Bremspedals, usw. abgerufen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftverstärker aufweist, der während eines Standardbremsvorganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Standardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor ( $\Lambda$ ) am Bremskraftverstärker eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Gefahrenpotential ( $\Delta$ ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfaktors ( $\Lambda$ ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials ( $\Delta$ ) gesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß lediglich über einem bestimmten Schwellwert ( $\Delta_{SCH}$ ) des Gefahrenpotentials ( $\Delta$ ) der Verstärkungsfaktor ( $\Lambda$ ) von der Steuereinrichtung erhöht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der von der Steuereinrichtung erhöhte Verstärkungsfaktor ( $\Lambda$ ) im Bereich des Schwellwertes ( $\Delta_{SCH}$ ) im wesentlichen dem während des Standardbremsvorganges vorliegendem Standardverstärkungsfaktor ( $\Lambda_0$ ) entspricht und mit zunehmenden Gefahrenpotential kontinuierlich erhöht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential ( $\Lambda$ ) auf Grundlage von - einem oder mehreren vom Fahrer beeinflussbaren Parametern (Fahrer- gefahrenpotential  $\Delta_{da}$ ), und/oder - von einem oder mehreren von einer Fahrsituation bestimmten Parametern (Fahrsituationsgefahrenpotential  $\Lambda_{ds}$ ) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Gefahrenpotentials ( $\Delta_{da}$ ) vom Fahrer beeinflussbaren Parameter verwendet werden, wie z. B.:

- die Geschwindigkeit, mit welcher ein Fuß vom Gaspedal entfernt wird,
- die Pedalwechselzeit, die zum Wechseln vom Gaspedal zum Bremspedal benötigt wird,
- der Bremspedalweg,
- die Bremspedalgeschwindigkeit,
- der Membranweg ( $s_{mem}$ ) einer im Bremskraftverstärker an geordneten Membran und/oder dessen Ableitung in der Zeit,
- die Bremspedalkraft,
- die Bremspedalkraftänderung, und/oder
- die Lenkwinkeländerung.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kombinationen von zumindest zwei Parametern zur Ermittlung des Gefahrenpotentials verwendet wird, wie z. B.  $s_{mem} \cdot \dot{s}_{mem}$ ,  $\dot{F}_{ped} \cdot s_{mem}$ ,  $\dot{F}_{ped} \cdot \dot{F}_{ped}$  oder  $\dot{F}_{ped} \cdot \dot{s}_{mem}$ .

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter jeweils mit einem Gewichtungsfaktor  $g_i$  gemäß folgender Formel gewichtet sind:

$$\Delta_{da} = \sum_{i=1}^n |Parameter_i| \cdot g_i$$

8. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential ( $\Lambda_{da}$ ) nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta = \cos \left( \frac{\dot{F}_{ped}}{\dot{F}_{ped - panic}} \right)$$

wobei  $\dot{F}_{ped - panic}$  der für Gefahrensituationen typischen Bremskraftveränderung entspricht und  $\Delta=1$  gilt, falls  $\dot{F}_{ped}$  größer als  $\dot{F}_{ped - panic}$  ist, und  $\Delta = 0$  gilt, falls  $\dot{F}_{ped}$  kleiner 0 ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential ( $\Delta_{da}$ ) nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{da} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( \max \left( \frac{\dot{F}_{ped}}{1500}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

wobei  $\dot{F}_{ped}$  die Bremskraftänderung darstellt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Gefahrenpotentials ( $\Delta_{da}$ ) von der Fahrsituation bestimmte Parameter verwendet werden, wie z. B.:

- die Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v_0$ ),
- die Fahrzeugbeschleunigung ( $a_0$ ),
- den Abstand ( $d_0$ ) zu einem vorausfahrenden Fahrzeug,
- die Relativgeschwindigkeit ( $\dot{d}_0$ ) bzgl. eines vorausfahrenden Fahrzeuges,
- die Relativbeschleunigung ( $\ddot{d}_0$ ) bzgl. eines vorausfahrenden Fahrzeuges, und/oder
- Radschlupfinformationen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential ( $\Delta_{da}$ ) auf Grundlage einer Differenz ( $a_{cva}$ ) aus einer maximal erlaubten Beschleunigung ( $a_{cva}$ ) und einer tatsächlichen Beschleunigung ( $a_{cva}$ ) ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die maximal erlaubte Beschleunigung ( $a_{cva}$ ) nach folgender Formel berechnet wird.

$$a_{cva} = - \frac{1}{2} \frac{(v_0 + a_{c0} t_R)^2}{d_0 - v_0 t_R - \frac{1}{2} a_{c0} t_R^2 - \frac{1}{2} \frac{(v_0 + \dot{d}_0)^2}{a_{c0} + \ddot{d}_0}}$$

wobei  $t_R$  die Reaktionszeit,  $v_0$  die Fahrzeuggeschwindigkeit und  $d_0, \dot{d}_0, \ddot{d}_0$  der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug beziehungsweise dessen zeitliche Ableitungen sind.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{acve}(a_{cve}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( - \min \left( \frac{a_{cve}}{0,9 \cdot g}, 0 \right), 1 \right) \right) \right\}$$

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential direkt von einer maximal erlaubten Beschleunigung ( $a_{cva}$ ) abhängt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefahrenpotential nach folgender Formel berechnet wird:

$$\Delta_{acva}(a_{cva}) = \frac{1}{2} \cdot \left\{ 1 - \cos \left( \pi \cdot \min \left( \left( \frac{a_{cva} - a_0}{a_0 - a_m} \right), 0 \right), 1 \right) \right\}$$

wobei  $a_{cva}$  die maximal erlaubte Beschleunigung,  $a_m$  die maximal mögliche Verzögerung und  $a_0$  eine Verzögerung, die 0,1 g bis 0,3 g kleiner als  $a_m$  ist, sind.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktion zum Berechnen des Gefahrenpotentials im Bereich ihrer Übergänge abgerundet ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erhöhung des Verstärkungsfaktors ( $\Lambda$ ) nur erfolgt, wenn das Bremspedal betätigt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung des Verstärkungsfaktors ( $\Lambda$ ) proportional zur Bremspedalkraft ( $\dot{F}_{ped}$ ) oder einer dazu korrespondierenden Größe erfolgt (statische Adaption).

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung des Verstärkungsfaktors ( $\Lambda$ ) proportional zur Änderung ( $= 1.$  zeitl. Ableitung) der Bremspedalkraft ( $\dot{F}_{ped}$ ) oder einer dazu korrespon-



dierenden Größe erfolgt (dynamische Adaption).

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein einmal eingenommener Verstärkungsfaktor ( $\Lambda_{ref}$ ) solange nicht vermindert wird, bis die Betätigung der Bremse beendet wird, d. h., der Fuß vom Bremspedal genommen wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß wenn das Gefahrenpotential größer als ein vorbestimmter Vordruckschwellwert wird und die maximal erlaubte Beschleunigung ( $a_{v,1}$ ) kleiner als 0 ist, eine Vordruckfunktion aktiviert wird, die im Bremskraftverstärker einen bestimmten Vordruck ( $P_{preload}$ ) einstellt, der so groß bemessen ist, daß sich in den Bremsleitungen ein Bremsdruck aufbaut, der gerade nicht zur Betätigung der Bremsen genügt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß wenn das Gefahrenpotential ( $\Delta$ ) größer als ein vorbestimmter Warnsignalschwellwert ist, im Fahrgastraum ein Warnsignal ausgegeben wird.

23. Verfahren zum Steuern eines Fahrzeuges im Verkehr, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gefahrenpotential ( $\Delta$ ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und überschreitet das Gefahrenpotential ( $\Delta$ ) einen Verkehrswarnsignalschwellwert, so wird ein den nachfolgenden Verkehr warnendes Signal ausgegeben.

24. Vorrichtung zum Verkürzen des Bremsweges eines Fahrzeuges, das einen Bremskraftverstärker aufweist, der während eines Standardbremsvorganges lediglich durch einen vom Fahrer ausgeübten Bremspedaldruck angesteuert wird und beim Vorliegen einer kritischen Fahrsituation von einer Steuereinrichtung derart angesteuert wird, daß ein gegenüber dem Standardbremsvorgang erhöhter Verstärkungsfaktor ( $\Lambda$ ) am Bremskraftverstärker eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gefahrenpotential ( $\Delta$ ) ermittelt wird, das die Wahrscheinlichkeit angibt, daß das zu bremsende Fahrzeug in einen Unfall verwickelt wird, und die Erhöhung des Verstärkungsfaktors ( $\Lambda$ ) nach Maßgabe des Gefahrenpotentials ( $\Delta$ ) gesteuert wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

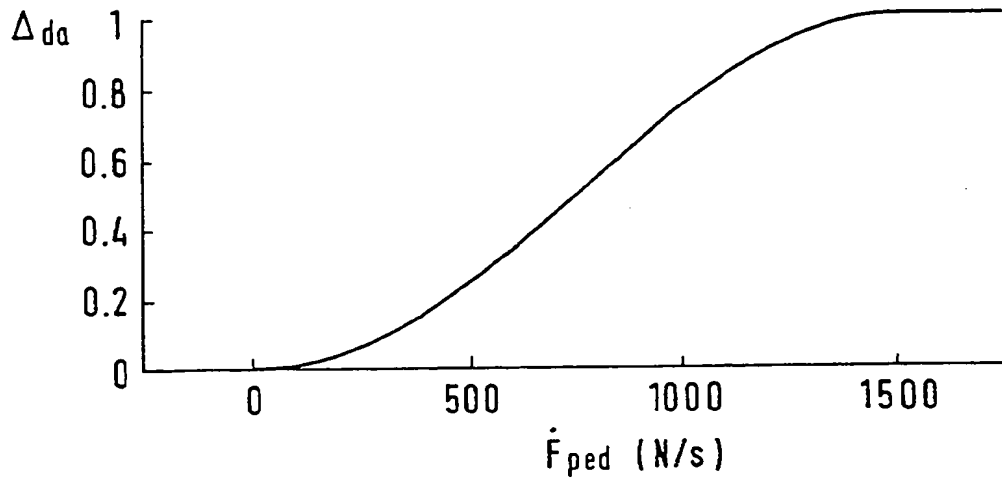


Fig.1

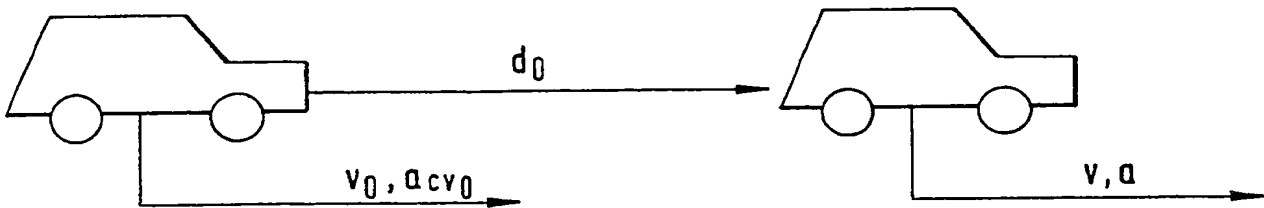


Fig.2

Fig. 3

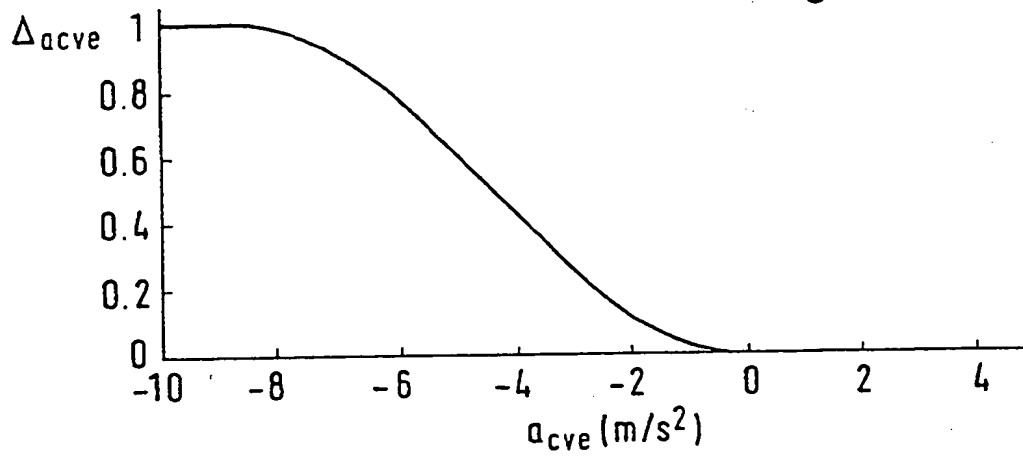


Fig. 4

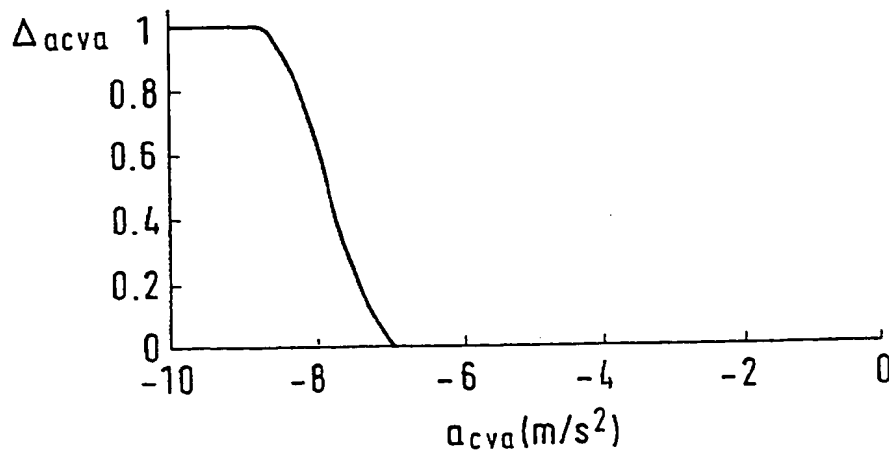


Fig. 5

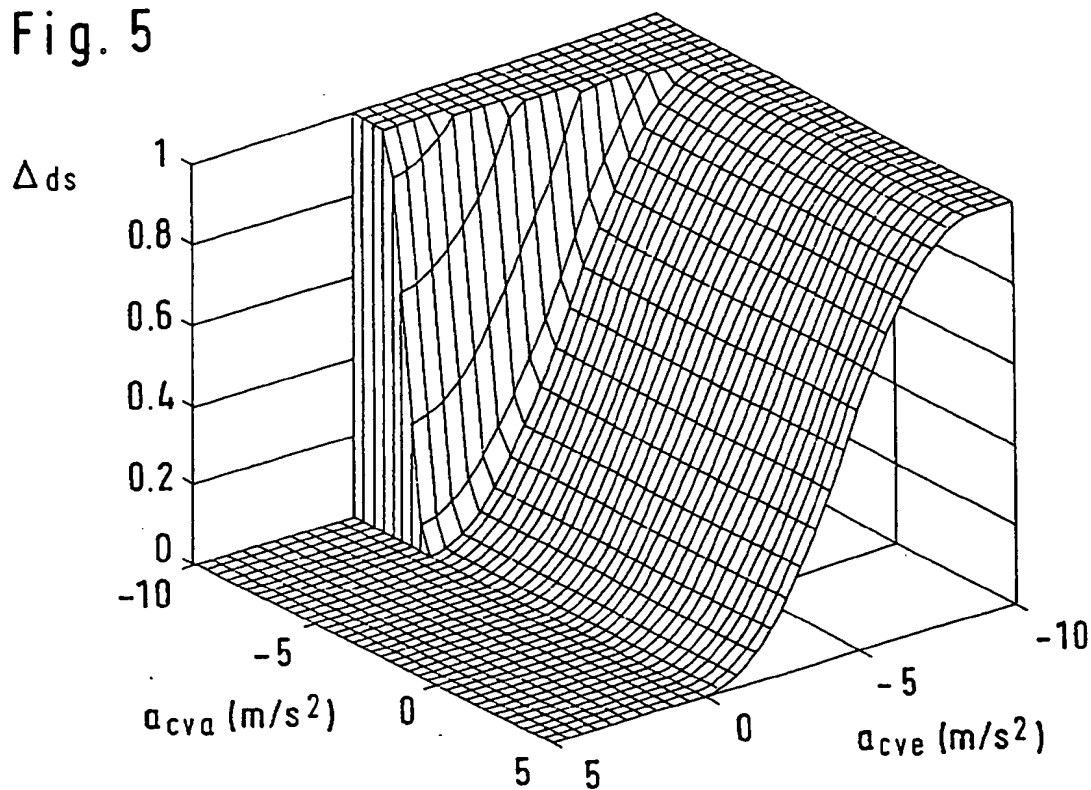


Fig. 6

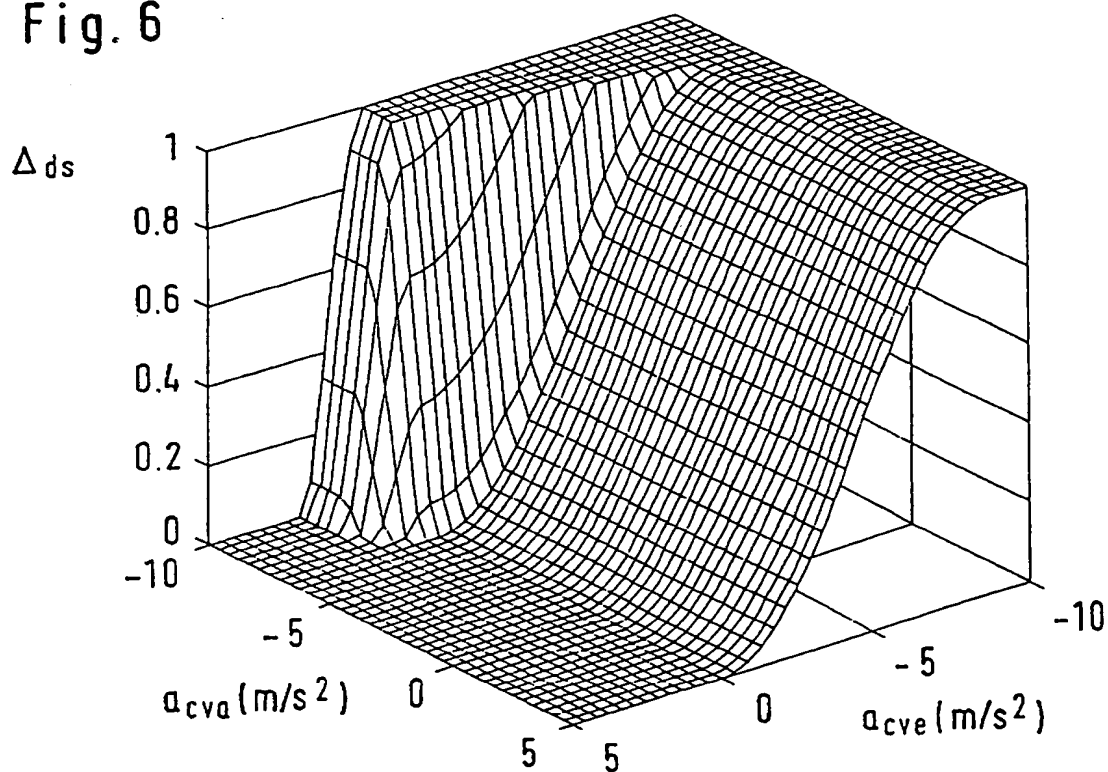


Fig. 7

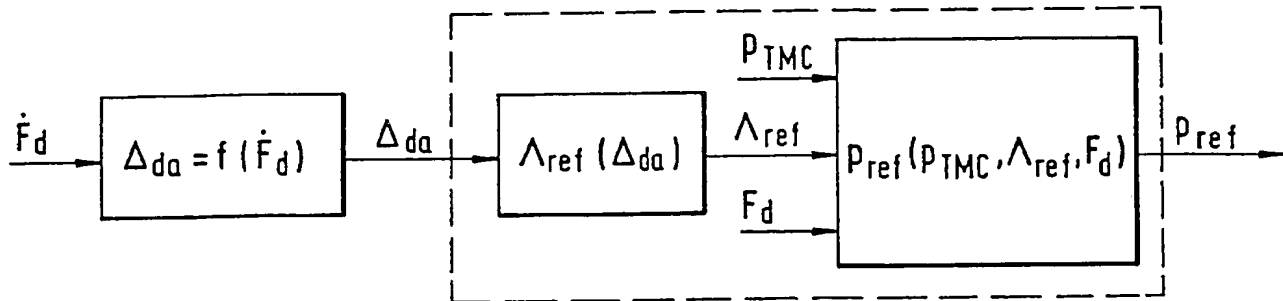
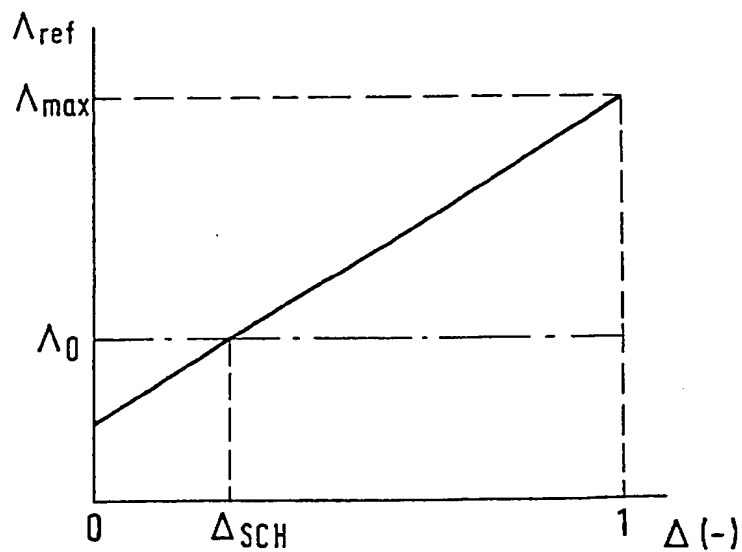


Fig. 8



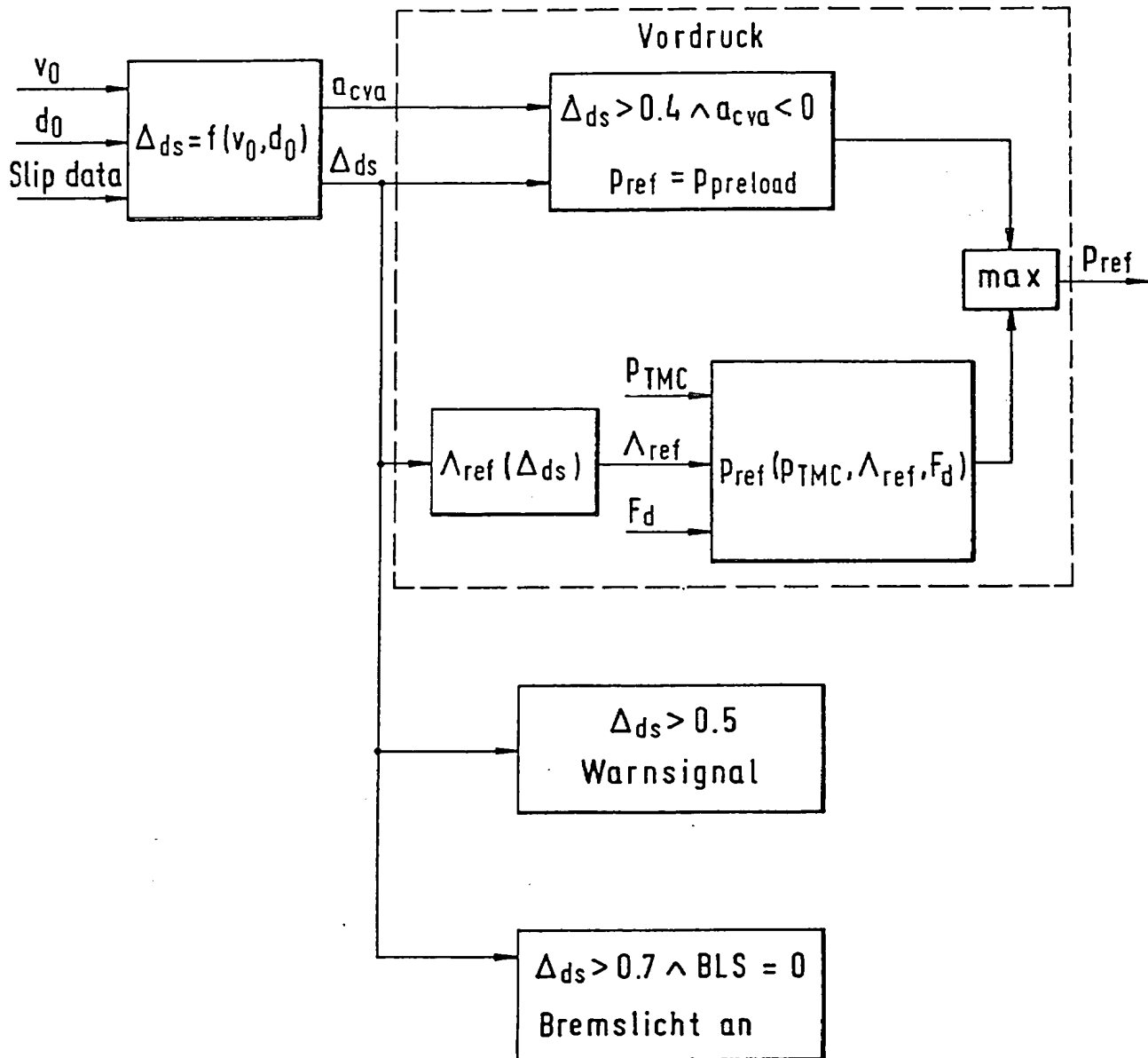


Fig. 9

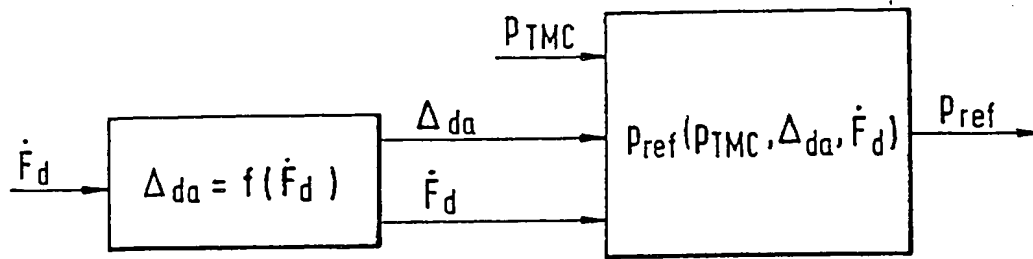


Fig. 10

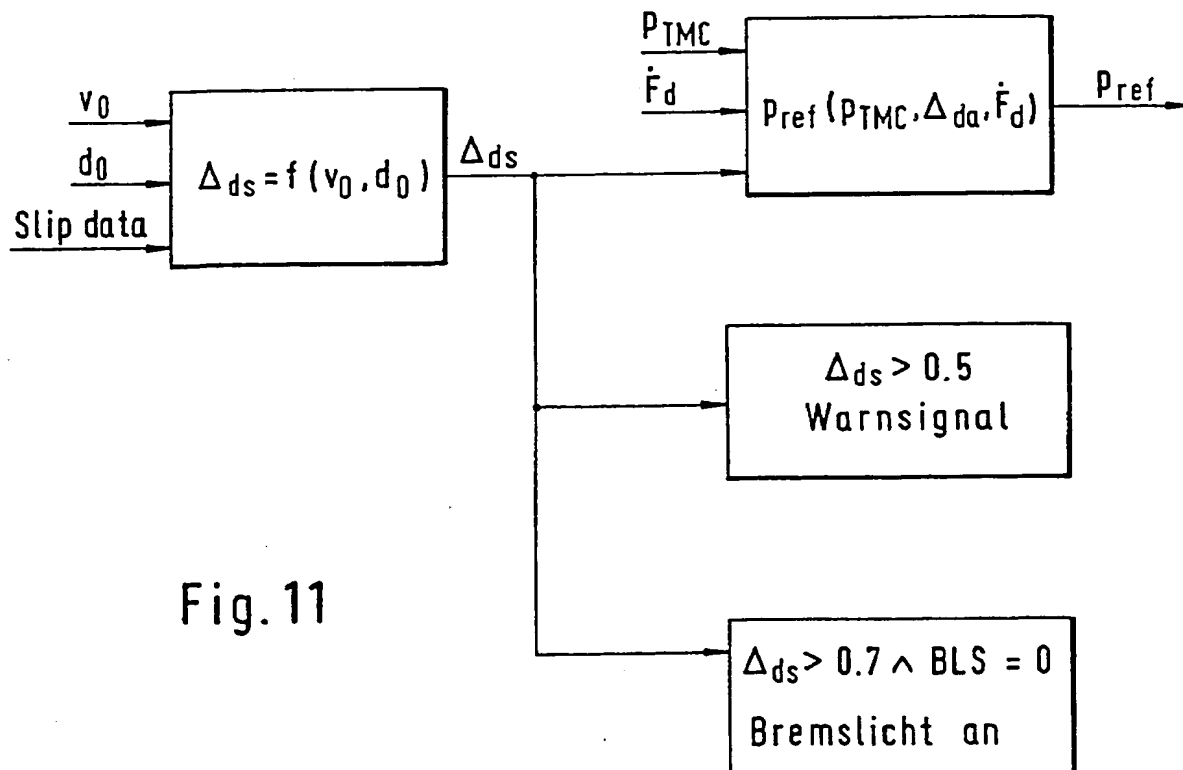


Fig. 11